

明 細 書

空間光変調器

技術分野

- [0001] この発明は、マイクロミラーアレーを用いて、焦点を可変としたり、あるいは光強度分布を調整するようにした空間光変調器に関する。

背景技術

- [0002] 光学素子自体に焦点距離の調節機能を持たせた可変焦点光学素子については従来から様々な提案がなされている。
- [0003] このような可変焦点光学素子のうち、可変焦点ミラーについては、シリコンダイアフラムに膜厚分布を与えて、焦点距離可変の放物面状の凹面鏡を形成したものがある。
- [0004] 又、従来、光強度がガウシアン分布の入射光に対して、光強度分布を均一に変調するという要請がある。
- [0005] 上記可変焦点ミラーは、シリコンダイアフラムを用いているため、焦点距離の切換えに時間がかかり、応答性が悪いという問題点がある。
- [0006] 又、光強度がガウシアン分布の入射光に対して、光強度分布を均一に変調するために、特殊な屈折率分布を有するレンズを用いたりしなければならず、コストが高くなるという問題点がある。

発明の開示

- [0007] 本発明は、上記従来の問題点に鑑みてなされたものであって、迅速に焦点位置を変化させることができる空間光変調器を提供することを目的とする。
- [0008] 又、レンズを用いることなく、光強度分布を変調することができるようにした空間光変調器を提供することを目的とする。
- [0009] 本発明者は、鋭意研究の結果、DMD(デジタルマイクロミラーデバイス:商標)と称される空間光変調器におけるマイクロミラーに反射角度分布を与えることによって、反射光の焦点距離を迅速に切換え可能であり、反射率分布を与えることにより均一な光強度分布を得ることができることを見出した。

- [0010] 即ち、以下の本発明により上記目的を達成することができる。
- [0011] (1) 基板上に、複数のマイクロミラーをアレー状に配列し、各マイクロミラーの反射面の傾きを、前記基板との間に作用する静電引力により一方又は他方の反射角の状態に独立制御可能な空間光変調器であって、前記マイクロミラーに入射するコリメート光に対して、一方の反射角の状態のときに、反射光を一点に収束させるように、マイクロミラー毎に反射角度分布を与えたことを特徴とする空間光変調器。
- [0012] (2) 基板上に、複数のマイクロミラーをアレー状に配列し、各マイクロミラーの反射面の傾きを、前記基板との間に作用する静電引力により一方又は他方の反射角の状態に独立制御可能な空間光変調器であって、前記マイクロミラーアレーに反射率分布を与えたことを特徴とする空間光変調器。
- [0013] (3) 前記反射率分布は、前記一方の反射角の状態のときに、光強度がガウス分布の入射光を均一な光強度分布の反射光とするように、ガウス分布とほぼ反比例するように設定されたことを特徴とする(2)の空間光変調器。
- [0014] (4) 前記マイクロミラーの表面に設けられた反射率変調膜の膜厚がマイクロミラー毎に調整されることにより、前記反射率分布が与えられていることを特徴とする(2)又は(3)の空間光変調器。
- [0015] (5) 前記マイクロミラーの配列面が、凹又は凸の曲面とされたことを特徴とする(1)乃至(4)のいずれかの空間光変調器。
- [0016] (6) 前記マイクロミラーアレーの前面に、マイクロミラーと同数、且つ、同ピッチでマイクロアパーチャが形成されたマスクプレートが配置され、前記マイクロアパーチャは前記マイクロミラーよりも小さな面積とされ、前記マイクロミラーは、少なくとも一方の反射角の状態のとき、前記マスクプレートとの平行面から傾斜し、この傾斜角度が、マイクロミラー毎に調整されることにより前記反射率分布が与えられていることを特徴とする(2)又は(3)の空間光変調器。
- [0017] (7) 前記マイクロミラーアレーは、マイクロミラー毎に、その周囲に非反射領域が設けられ、又、前記マイクロミラーアレーの前面には、マイクロアパーチャが、前記マイクロミラーと同ピッチで形成されたマスクプレートが配置され、該マスクプレートは、前記マイクロミラーに対するマイクロアパーチャの重なり面積が変化するように変位可能と

され、これにより実質的に、前記マイクロミラーの反射率分布を与えるようにされたことを特徴とする(2)又は(3)の空間光変調器。

[0018] (8)前記マスクプレートは、前記マイクロミラーアレーの表面と平行に配置され、且つ、前記表面と直交する軸線廻りに回転角度自在とされたことを特徴とする(7)の空間光変調器。

[0019] (9)前記マスクプレートは、前記マイクロミラーアレーの表面と平行な軸線廻りに回転角度調節自在とされたことを特徴とする(6)、(7)又は(8)の空間光変調器。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の実施の形態の第1例に係るマイクロミラーアレー型空間光変調器の要部を拡大して示す断面図である。

[図2]同実施の形態の第2例に係るマイクロミラーアレー型空間光変調器を示す斜視図である。

[図3]同要部を模式的に拡大して示す断面図である。

[図4]反射率変調膜としてのAu薄膜の厚さとその光学特性との関係を示す線図である。

[図5]反射光の強度分布を均一にする場合のAu薄膜の厚さ分布と入射光及び反射光の強度分布の関係を示す線図である。

[図6]ミラー基板上に反射膜を設けてマイクロミラーを構成する例を拡大して示す模式図である。

[図7]反射膜としてのAl薄膜の膜厚とその光学特性との関係を示す線図である。

[図8]反射光の強度分布を均一にする場合のAl薄膜の厚さ分布と入射光及び反射光の強度分布の関係を示す線図である。

[図9]反射膜とミラー基板との間に光吸収層を介在させる場合を示す拡大模式図である。

[図10]本発明の実施の形態の第3例に係るマイクロミラーアレー型空間光変調器の要部を拡大して示す斜視図である。

[図11]本発明の実施の形態の第4例に係るマイクロミラーアレー型空間光変調器の要部を拡大して示す斜視図である。

[図12]同第4例におけるマイクロミラーとマイクロアパーチャとの関係を拡大して示す斜視図である。

[図13]本発明の実施の形態の第5例に係るマイクロミラーアレー型空間光変調器の要部を拡大して示す正面図である。

発明を実施するための最良の形態

[0021] 以下本発明の実施の形態の例を図面を参照して詳細に説明する。

[0022] 図1(A)、(B)に示されるように、本発明の実施の形態の第1例に係る空間光変調器(以下、SLM)10は、基板12上に、多数のマイクロミラー14A、14B、14C、…14Iを、メモリーセル16A、16B、16C、…16Iに対応してアレー状に配列し、各マイクロミラー14A、14B、14C、…を前記メモリーセル16A、16B、16C、…との間に作用する静電引力の印加又は解除により、選択的に2つの反射角の一方又は他方の状態となるようにしたものであって、前記マイクロミラー14A、14B、14C、…で構成されるマイクロミラーアレー14は、図1(A)に示されるような、前記一方の反射角の状態のときに、入射するコリメート光Cに対して、反射光を一点に収束させ、且つ、前記他方の反射角の状態のときは、図1(B)に示されるように、コリメート光Cに対して、反射光を発散させるように、反射角度分布が与えられている。

[0023] 図1における符号18は制御装置であり、メモリーセル16A、16B、16C、…の各々を介して、マイクロミラー14A、14B、14C、…を、同時に、前記一方の反射角の状態又は他方の反射角の状態となるように制御するものである。

[0024] このSLM10は、制御装置18によって、マイクロミラー14A、14B、14C、…の姿勢を、一方から他方の反射角となるように迅速に切換えることができる。

[0025] 上記マイクロミラー14A、14B、14C、…の反射角度分布は、例えば、基板12を可撓性材料により構成して、マイクロミラーアレー14を形成してから、例えば凹球面に湾曲することによって形成させる。

[0026] なお、本発明は、前記一方の反射角の状態のときに反射光を一点に収束できれば、他方の反射角の状態は、発散反射光を形成する場合に限定されない。

[0027] 次に、図2に示される、本発明の実施の形態の第2例に係るSLM20について説明する。

- [0028] このSLM20は、マイクロミラーアレー24を構成するマイクロミラー24A、24B、24C、24D、24E、…の各々に反射率分布を与えたものである。
- [0029] マイクロミラー24A、24B、…は、通常図3に示されるように、Al層26により構成されていて、このAl層26の表面に、膜厚に応じて反射率を変調する材料、例えばAu薄膜27を設け、このAu薄膜27に膜厚分布を与えることにより反射率分布を形成する。
- [0030] Au薄膜27の場合、Al層26が充分厚ければ、膜厚と光学特性(反射率、透過率、吸収率)との関係は、図4に示されるようになり、Au薄膜27の膜厚分布によりマイクロミラー24A、24B、…の反射率分布を形成することができる。この場合、Au薄膜27は厚い程、Al層26の反射率を低下させることになる。
- [0031] 例えば、光強度がガウシアン分布(強度が $1/e^2$ となるビーム径が20mm)の入射光(図5の実線参照)を、均一な光強度分布の反射光とするためには、図5において一点鎖線で示されるように、入射光のビーム中心から離れる程、Au薄膜27を薄くして反射率分布を与える。これにより、図5において破線で示されるように、反射光の強度分布が均一となる。
- [0032] 又、マイクロミラーの反射率分布は、図6に示されるように、例えばガラス(Bk7)からなるミラー基板28上に形成されるAl薄膜29の膜厚分布により形成してもよい。
- [0033] この場合、Al薄膜29の膜厚が大きいとき反射率が大きくなって、反射率分布が形成される。Al薄膜29の厚さと光学特性(反射率、透過率、吸収率)との関係は、図7に示されるようになる。
- [0034] 図8に示されるように、光強度がガウシアン分布(強度が $1/e^2$ となるビーム径が20mm)の入射光(実線)は、一点鎖線で示されるようにAl薄膜29の厚さを、図5と反対に、入射光ビームの中心から離れる程厚くすると、破線で示されるような均一な光強度分布の反射光が得られる。
- [0035] なお、図6、図8に示されるように鏡面を構成する金属薄膜の厚さにより反射率分布を形成する場合は、ミラー基板28の表面の反射率が高いときは、その影響により所望の反射率分布を得ることができない。
- [0036] この場合は、例えば図9に示されるように、金属薄膜(Al薄膜を含む)29Aとミラー基板28との間に、例えばフタロシアン色素と紫外線硬化樹脂との混合物からなる

光吸収層29Bを形成するとよい。金属薄膜の材料は、Alの他に、Ag、Pt、Cr等がある。

[0037] マイクロミラー24A、24B、…の反射率分布は、前記Au薄膜27あるいは金属薄膜(Al薄膜を含む)29Aの膜厚分布に対応することになるが、この膜厚分布は、例えば次のように形成する。

[0038] まず、小さな単位エリア(例えば一辺が12 μ mの正方形)に分割されたパターンを持つマスク(ディザマスク)を用い、この単位エリアの平均的な透過率に変化を与えて中間調の露光を可能にし、加工形状に応じた露光分布を持つフォトマスクを製作する。

[0039] このフォトマスクを用いて、Al層26上に予め厚く形成されたAu薄膜27等を、通常の露光、エッチングの過程を経て、マイクロミラー毎にエッチング深さを変調して、所定の膜厚分布を得る。

[0040] 上記膜厚分布は、前述の如く、マイクロミラーアレーに反射率分布を与えるものであり、この反射率分布は、例えば、光強度がガウス分布の通常の入射光に対して、反射光における光強度の分布が均一となるようにする。

[0041] なお、前記Au薄膜、Al薄膜は、これに限定されるものでなく、膜厚により反射率を変調できる反射率変調膜であればよい。

[0042] 図10に示される本発明の実施の形態の第3例に係るSLM30は、凹曲面状の基板32にマイクロミラー34A、34B、34C、…を形成したものである。又、凸曲面にマイクロミラー34A、34B、34C、…が形成されるようにしてもよい。これらは、可撓性の基板上にマイクロミラーを形成してから、該基板を曲面状とすればよい。

[0043] 前記凹曲面の場合、コリメート光を反射して収束させるときに、その焦点距離をより短くすることができる。

[0044] 次に、図11に示される、本発明の実施の形態の第4例に係るSLM40について説明する。

[0045] このSLM40においては、マイクロミラー44A、44B、44C、…の反射率分布を、マイクロミラー毎の反射面積を調節することによって与えている。

[0046] 具体的には、基板42におけるマイクロミラーアレーの前面に、マイクロミラー44A、

44B、44C、…と同数、且つ、同ピッチでマイクロアパーチャ46A、46B、46C、…が形成されたマスクプレート46が前記マイクロミラーアレーの表面に対して前記表面と平行な軸線廻りに回転角度調節自在に配置され、該マイクロアパーチャ46A、46B、46C、…は前記マイクロミラー44A、44B、44C、…よりも小面積とされ、これらマイクロミラー44A、44B、44C、…は、一方の反射角の状態のとき、前記マスクプレート46との平行面と平行又は傾斜され、その角度が、マイクロミラー毎に調整されることによって、前記のように、反射面積分布が与えられている。

[0047] 反射面積と反射率分布との関係は、図12に示されるように、マイクロアパーチャ46A、46B、46C、…を通った入射光が、その背後のマイクロミラー44によって反射されたとき、反射光の一部がマスクプレート46に遮られるので、入射光のビーム径に対して反射光のビーム径が、傾斜角度に応じて小さくなる。

[0048] 従って、マスクプレート46の、マイクロミラー44A、44B、44C、…に対する傾斜角度を調整することによって、反射率分布を与えることができる。

[0049] なお、前記実施の形態の第4例に係るSLM40は、マスクプレート46の、マイクロミラーアレーに対する傾斜角度が固定であるが、本発明はこれに限定されるものでなく、傾斜角度を可変として、各マイクロミラーの反射面積、即ち実質的な反射率分布を得るようにしてもよい。

[0050] 次に、図13を参照して、本発明の実施の形態の第5例に係るSLM50について説明する。

[0051] このSLM50は、実施の形態の第4例の場合と同様に、マイクロミラー54A、54B、54C、54D、54E、…の反射面積分布を与えることによって、反射率分布を得るものである。

[0052] 前記マイクロミラー54A、54B、54C、…は、図13に示されるように、各マイクロミラー毎に、その周囲に非反射領域58が設けられ、又、マイクロミラーアレーの前面には、前記非反射領域の内側のマイクロミラー54A、54B、54C、…よりも小面積のマイクロアパーチャ56A、56B、56C、56D、56E、…が、前記マイクロミラー54A、54B、54C、…と同ピッチで形成されたマスクプレート56が配置された構成となっている。

[0053] 前記マスクプレート56は、前記マイクロミラーアレーの表面に正面から見たときの、

前記マイクロミラー54に対するマイクロアパーチャ56A、56B、56C、…の重なり面積が変化するように、前記表面と直交する中心軸廻りに変位可能(回転可能)とされ、これにより、マイクロミラー54A、54B、54C、…の反射面積分布を与えるものである。

産業上の利用の可能性

[0054] 本発明は上記のように構成したので、SLMにおいて、迅速な焦点距離の切換えあるいは光強度分布の切換えをすることができるという優れた効果を有する。

請求の範囲

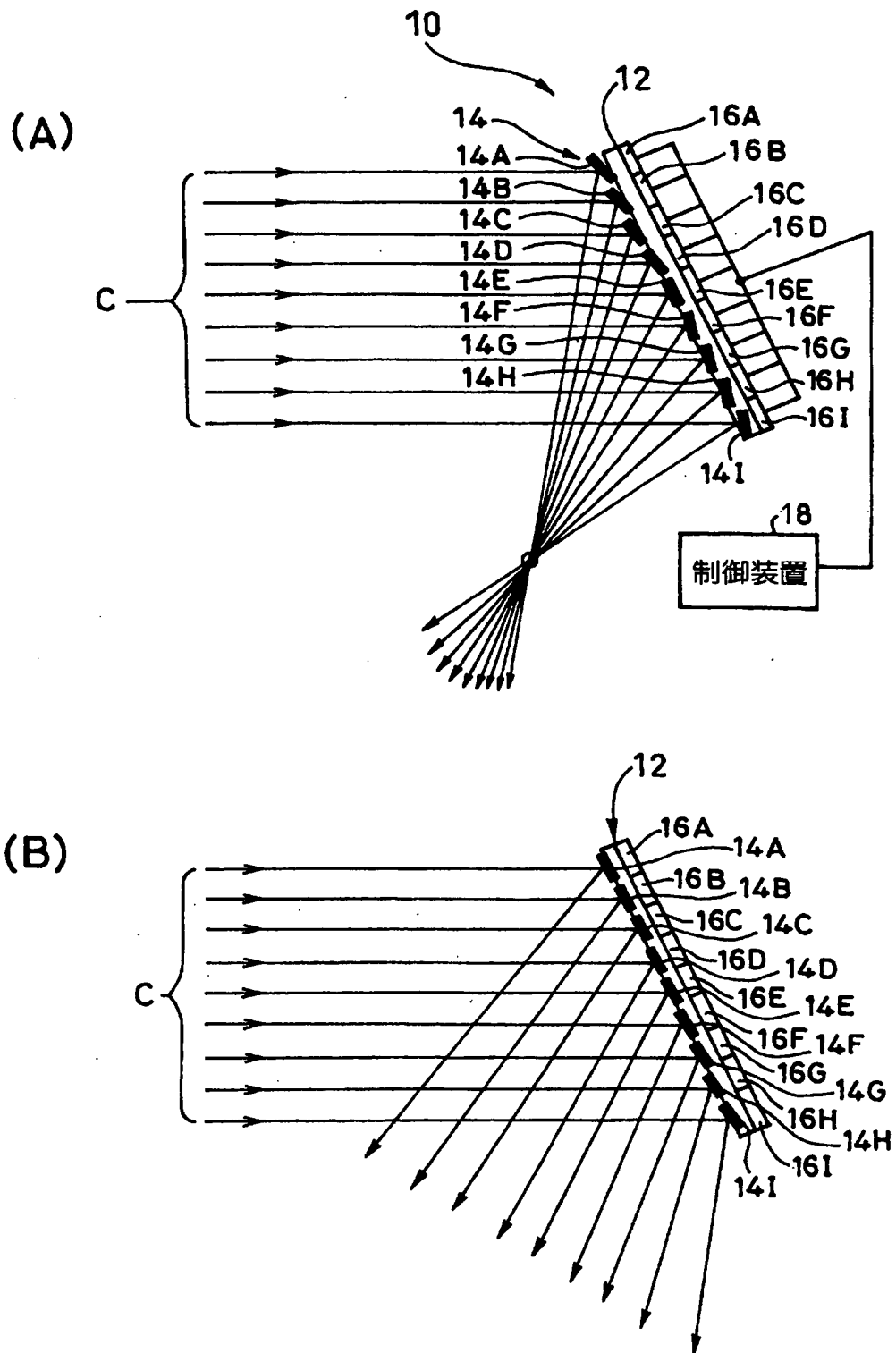
- [1] 基板上に、複数のマイクロミラーをアレー状に配列し、各マイクロミラーの反射面の傾きを、前記基板との間に作用する静電引力により一方又は他方の反射角の状態に独立制御可能な空間光変調器であって、
前記マイクロミラーに入射するコリメート光に対して、一方の反射角の状態のときに、反射光を一点に収束させるように、マイクロミラー毎に反射角度分布を与えたことを特徴とする空間光変調器。
- [2] 基板上に、複数のマイクロミラーをアレー状に配列し、各マイクロミラーの反射面の傾きを、前記基板との間に作用する静電引力により一方又は他方の反射角の状態に独立制御可能な空間光変調器であって、
前記マイクロミラーアレーに反射率分布を与えたことを特徴とする空間光変調器。
- [3] 請求項2において、前記反射率分布は、前記一方の反射角の状態のときに、光強度がガウス分布の入射光を均一な光強度分布の反射光とするように、ガウス分布とほぼ反比例するように設定されたことを特徴とする空間光変調器。
- [4] 請求項2又は3において、前記マイクロミラーの表面に設けられた反射率変調膜の膜厚がマイクロミラー毎に調整されることにより、前記反射率分布が与えられていることを特徴とする空間光変調器。
- [5] 請求項1乃至4のいずれかにおいて、前記マイクロミラーの配列面が、凹又は凸の曲面とされたことを特徴とする空間光変調器。
- [6] 請求項2又は3において、前記マイクロミラーアレーの前面に、マイクロミラーと同数、且つ、同ピッチでマイクロアパーチャが形成されたマスクプレートが配置され、前記マイクロアパーチャは前記マイクロミラーよりも小さな面積とされ、前記マイクロミラーは、少なくとも一方の反射角の状態のとき、前記マスクプレートとの平行面から傾斜し、この傾斜角度が、マイクロミラー毎に調整されることにより前記反射率分布が与えられていることを特徴とする空間光変調器。
- [7] 請求項2又は3において、前記マイクロミラーアレーは、マイクロミラー毎に、その周囲に非反射領域が設けられ、又、前記マイクロミラーアレーの前面には、マイクロアパーチャが、前記マイクロミラーと同ピッチで形成されたマスクプレートが配置され、該マ

スクプレートは、前記マイクロミラーに対するマイクロアパーチャの重なり面積が変化するよう変位可能とされ、これにより実質的に、前記マイクロミラーの反射率分布を与えるようにされたことを特徴とする空間光変調器。

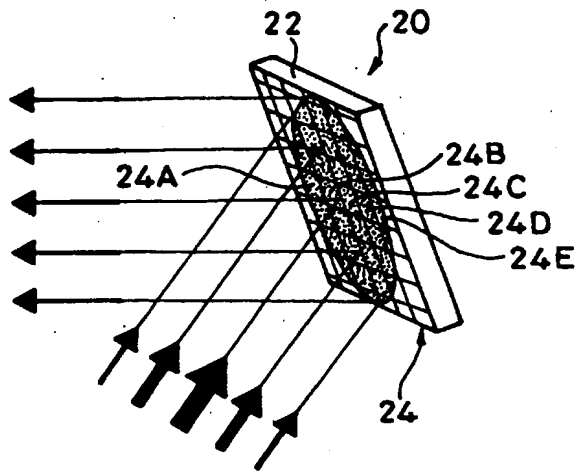
[8] 請求項7において、前記マスクプレートは、前記マイクロミラーアレーの表面と平行に配置され、且つ、前記表面と直交する軸線廻りに回転角度自在とされたことを特徴とする空間光変調器。

[9] 請求項6、7又は8において、前記マスクプレートは、前記マイクロミラーアレーの表面と平行な軸線廻りに回転角度調節自在とされたことを特徴とする空間光変調器。

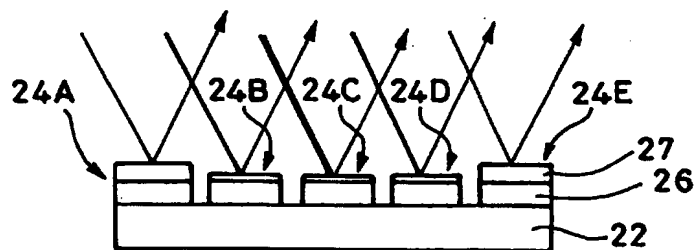
[図1]



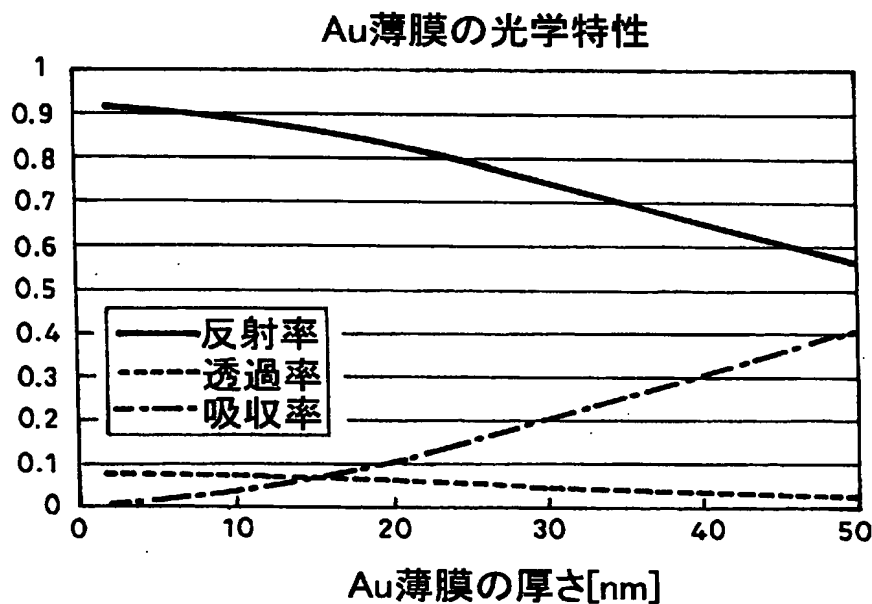
[図2]



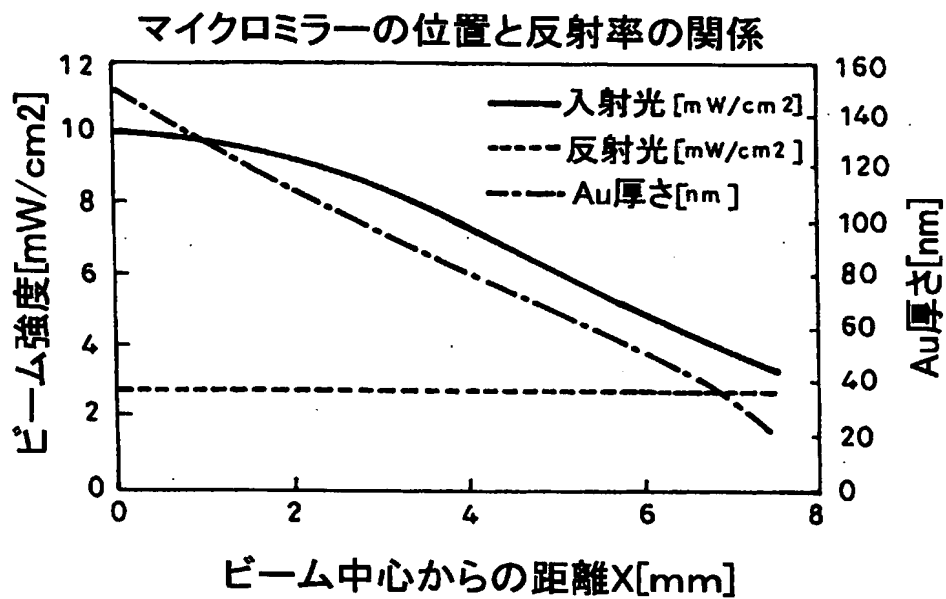
[図3]



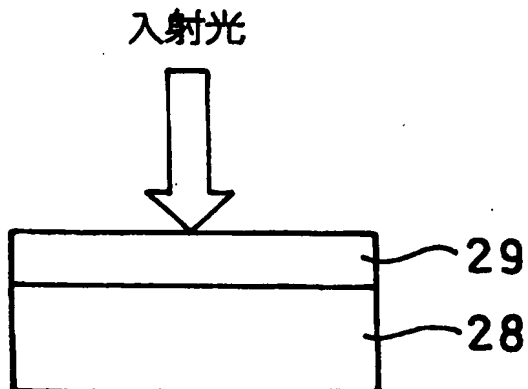
[図4]



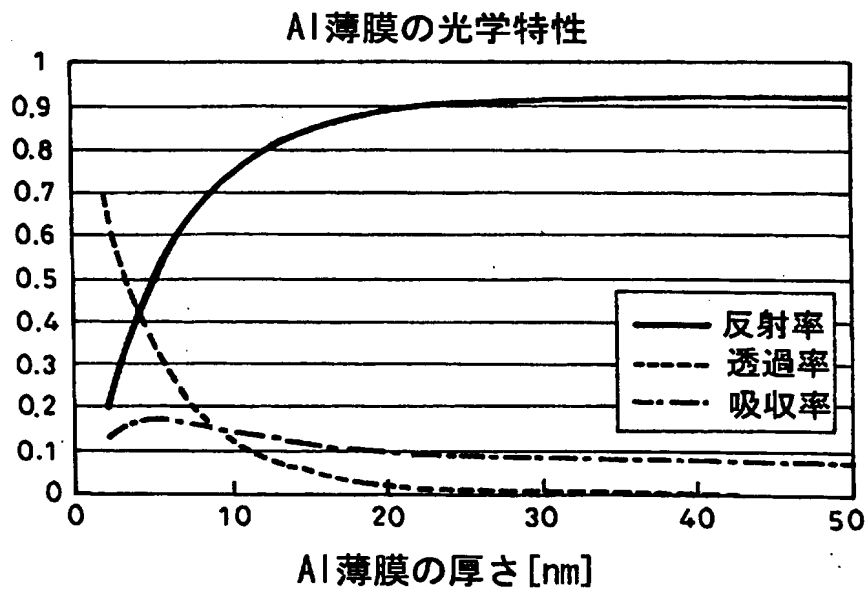
[図5]



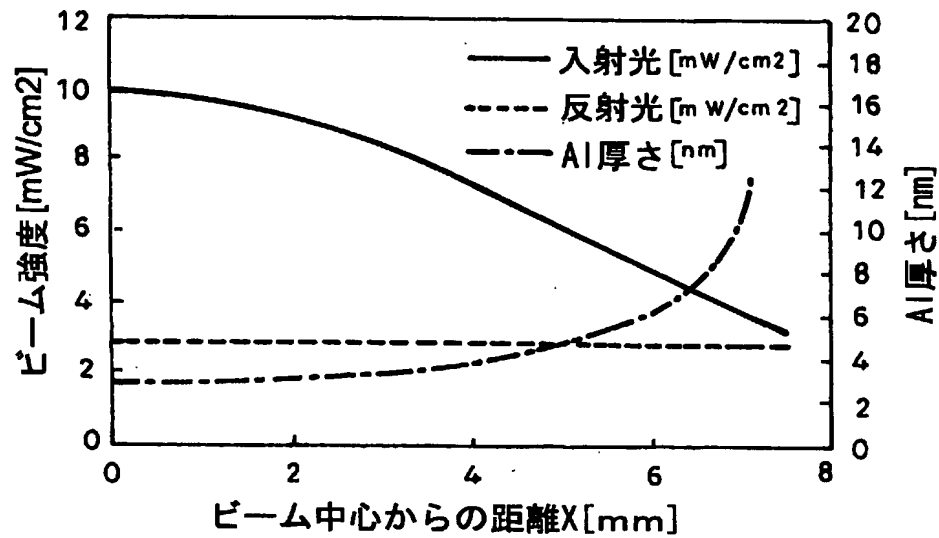
[図6]



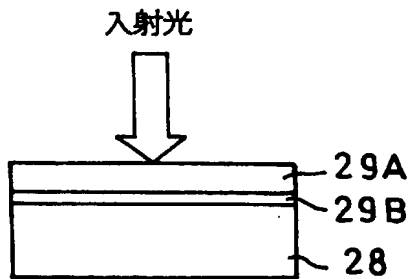
[図7]



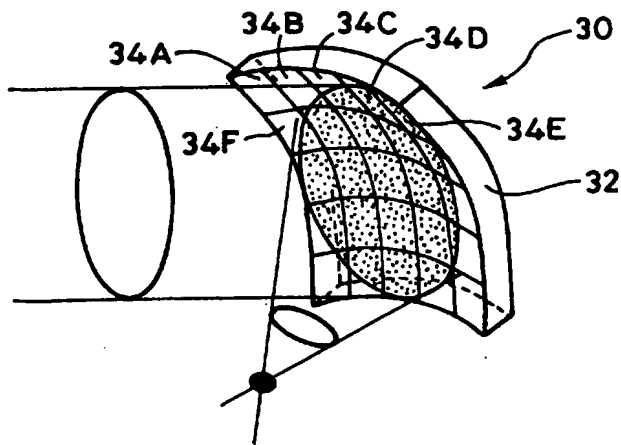
[図8]



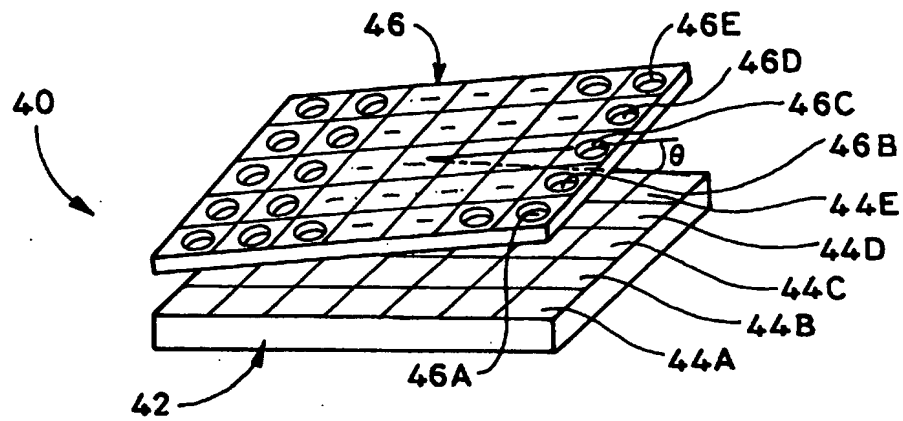
[図9]



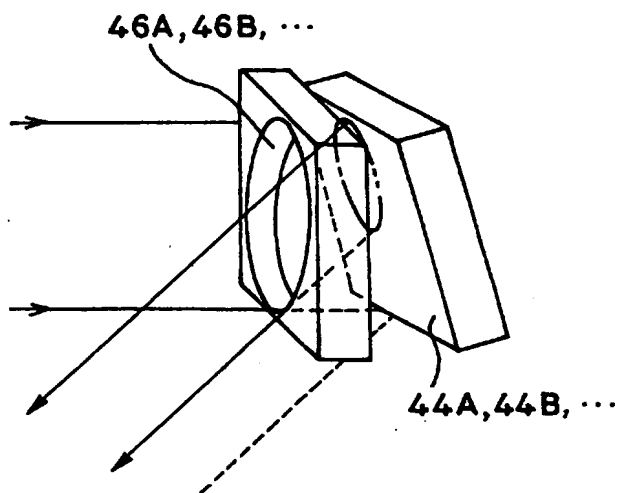
[図10]



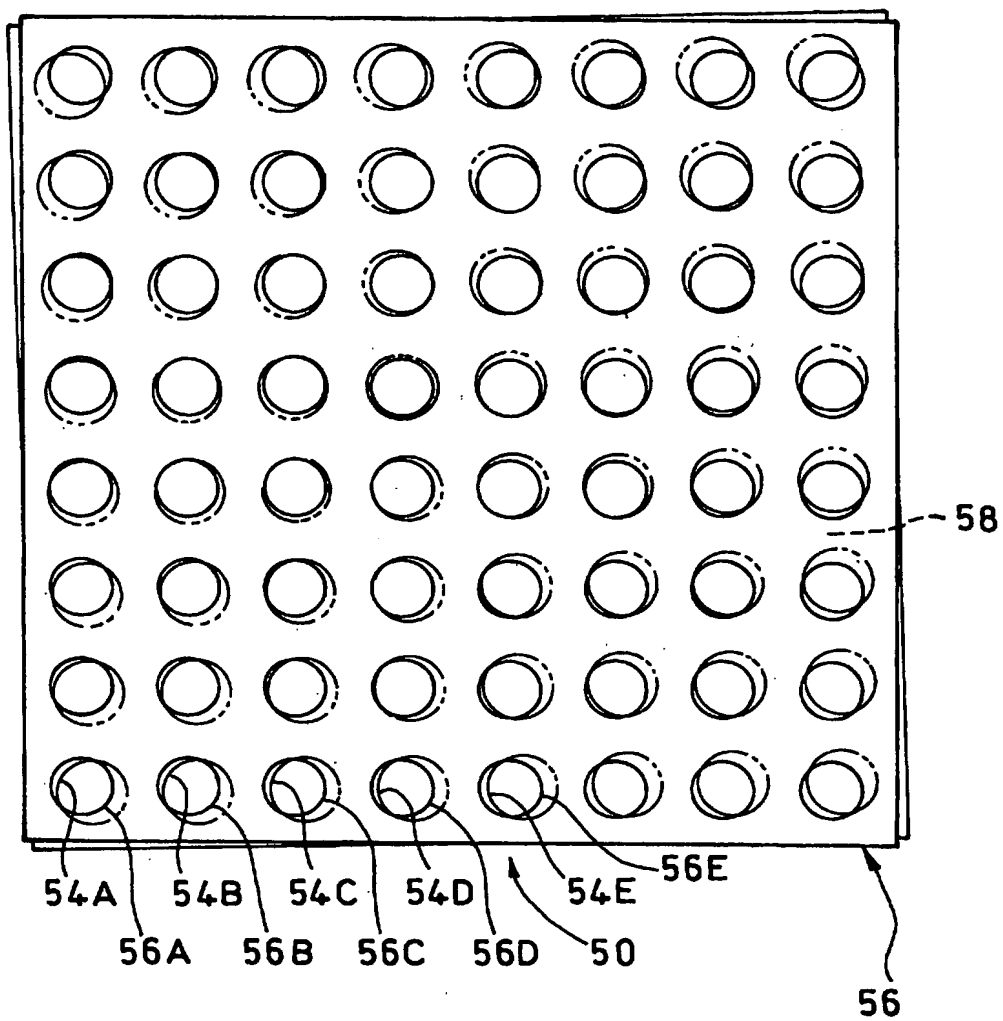
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/007694

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G02B26/08, G02B26/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02B26/08, G02B26/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2002-228952 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 14 August, 2002 (14.08.02), (Family: none)	1, 5
X A	JP 62-215226 A (Canon Inc.), 21 September, 1987 (21.09.87), (Family: none)	2, 4 3, 5-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
24 August, 2004 (24.08.04)Date of mailing of the international search report
07 September, 2004 (07.09.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B26/08, G02B26/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B26/08, G02B26/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2002-228952 A (富士写真フイルム株式会社) 2002.08.14, (ファミリーなし)	1, 5
X A	JP 62-215226 A (キヤノン株式会社) 1987.09.21, (ファミリーなし)	2, 4 3, 5-9

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24.08.2004

国際調査報告の発送日

07.9.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田部 元史

2 X

8708

電話番号 03-3581-1101 内線 3293

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.